



4-02

Mr. Josip Savićević, dipl.ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Projektni biro Split

Ivo Šegvić, dipl.ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Odjel izgradnje prijenosne mreže Split

Darko Biuk, dipl.ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Projektni biro Split

KABELSKA VEZA 110 kV TS DUGI RAT - KS LOZNA MALA

SAŽETAK

U okviru planova obnove i građenja elektroprijenosnih građevina Hrvatske elektroprivrede predviđen je dalekovod 110 kV TS Dugi Rat - TS Nerežišća II, koji obuhvaća i dionicu podzemno - podmorske kableske veze TS Dugi Rat - KS Lozna Mala.

Trasa ove kableske veze položena je neposredno uz postojeću KS Dugi Rat, koja je zračnim vodom kroz urbano područje priključena na TS Dugi Rat. Pokazalo se opravdanim postojeći 110kV zračni vod zamijeniti kabelom, koji bi se položio u isti kabelski rov s novo-projektiranim kabelom.

U referatu su opisana primjenjena tehnička rješenja uz tehničko - gospodarska obrazloženja.

110 kV CABLES CONNECTION SS DUGI RAT - CABLE SUBSTATION (CS) LOZNA MALA

SUMMARY

In the plans of Croatian National Electricity transmission project's reconstruction, the 110 kV transmission line SS Dugi Rat - SS Nerežišća II has been foreseen. The transmission line includes an underground and submarine cable section SS Dugi Rat - CSS Lozna Mala, as well.

This cable route is passing the existing cable substation (CSS) Dugi Rat which is via an overhead line connected to SS Dug Rat. It has been concluded to exchange the existing 110 kV overhead line. With a 110 kV cable, laid in the same trench together with the new designed.

In the article the applied technical solutions were exposed with technical and economic explanations.

Ključne riječi: podmorski kabel, podzemni kabel, kableska stanica

Key words: submarine cable, underground cable, cable substation

1. UVOD

Elektroprijenosna mreža 110 kV na području otoka srednje i južne Dalmacije obuhvaća : TS 110/30/15 kV "Dugi Rat", TS 110/35 kV "Nerežišća", TS 110/35 kV "Starigrad", TS 110/35 kV "Blato" i TS 110/35 kV "Ston", koje su međusobno povezane dalekovodima 110 kV TS Dugi Rat - TS Nerežišća I, TS Nerežišća - TS Starigrad, TS Starigrad - TS Blato i TS Blato - TS Ston.

Osnovni tehnički podaci transformatorskih stanica dati su u tablici 1. a osnovni tehnički

podaci dalekovoda u tablici 2.

Naziv	Godina građenja/proširenja	Instalirana snaga (MVA)
TS 110/30/15 kV Dugi Rat	1955.	1x20+1x30 + (1x40+2x31,5)
TS 110/35 kV Nerežišća	1988.	1 x 20
TS 110/35 kV Starigrad	1878. / 1988.	2 x 20
TS 110/35 kV Blato	1988.	1 x 20
TS 110/35 kV Ston	1960 / 1988.	2 x 20

tablica 1. : Osnovni tehnički podaci transformatorskih stanica

TS 110/30/15 kV Dugi Rat povezana je na 110 kV elektroenergetski sustav, točnije HE Zakučac dalekovodima Dugi Rat - Zakučac I i Dugi Rat - Zakučac II a TS 110/35 kV Ston povezana je na TS 110/35 kV Komolac dalekovodom Ston - Komolac odnosno na TS 110/35 kV Opuzen dalekovodima Ston - Neum i Neum - Opuzen.

Naziv dalekovoda	Dionica	Dužina (km)	Materijal i presjek	Godina građenja/
------------------	---------	-----------------	------------------------	---------------------

Pošto dionica postojećeg dalekovoda 110 kV Dugi Rat - Nerežišća I od TS Dugi Rat do KS Dugi Rat dužine trase 0,575 km prolazi urbanim područjem Dugog Rata te ograničava njegovu urbanizaciju, a kako trasa planirane kabela veze 110 kV TS Dugi Rat - KS Lozna Mala prolazi neposredno uz KS Dugi Rat, odlučeno je da se isti rekonstruira tako da se zamijeni kabelom 110 kV i položi u isti kabelski rov s novim kabelom TS Dugi Rat - KS Lozna Mala.

2. PRETHODNI I ISTRAŽNI RADOVI

U svrhu izrade projektne dokumentacije bilo je potrebno provesti širi program prethodnih i istražnih radova.

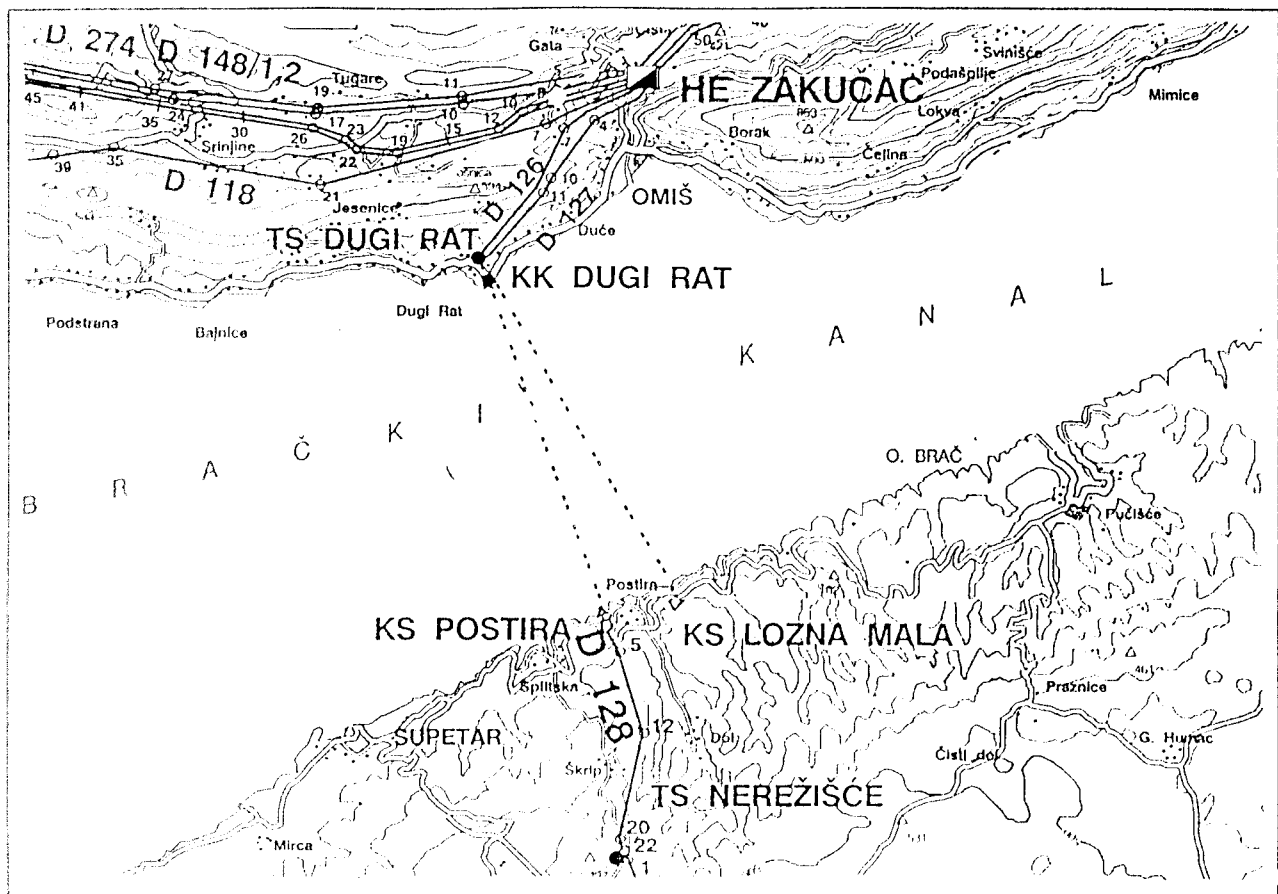
Prethodni radovi obuhvaćaju:

~~geodetsko snimanje podzemne i podmorske trase kabela (topografski planovi i uzdužni~~

- snimanje indikacionih profila podmorja poradi izrade idejne trase podmorskog dijela i
- pribavljanje situacija trasa podzemnih instalacija paralelnih kabela ili onih koje ga križaju.

Po završetku prethodnih radova i izradi idejne trase kabela veze bilo je potrebno ishoditi lokacijsku dozvolu, odnosno obaviti slijedeće istražne radove:

- geodetsko snimanje podzemne i podmorske trase kabela (topografski planovi i uzdužni profili) i hidrografska mjerenja (batimetrija morskog dna),
 - geološka ispitivanja tla i rekognosciranje morskog dna,
 - fizičko oceanografsko-geoloških i klimatskih obilježja mikrolokacija uz trasu kabela veze,
 - ispitivanja geotermičkih (mjerenje toplinske vodljivosti i temperaturne difuznosti tla) i geoelektričnih značajki tla (geoelektrično sondiranje tla i mjerenje otpora rasprostiranja i napona koraka i dodira na postojećim građevinama),
- odnosno izraditi slijedeće studije i proračune:
- studiju prenaponskih pojava na kombiniranoj zračno-kabelskoj vezi,
 - proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u pojedinim dijelovima kabela veze i utvrđivanja struje kratkog spoja mjerodavne za dimenzioniranje uzemljivača,
 - studiju iznošenja potencijala i provjere uvjeta bezopasnosti u okolini postojećih i



slika 1. : Situacija trase

Trasa u moru na strani kopna izmaknuta je istočno od trase postojećeg 110 i 30 kV kabela, i jednom lomnom točkom na trasi zadržana je zadovoljavajuća udaljenost od postojećeg 110 kV kabela.

Nakon izlaska iz priobalne zaštite u Dugom Ratu, jednožilni kabeli iz trolista prelaze u horizontalni raspored (faze "4" i "8" se granaju na razmak 70 m od faze "0"). Optički kabel je položen na sredini razmaka između faze "0" i faze "4" (35 m od jedne i druge faze). Svaki kabel do ponovnog sakupljanja u priobalnu zaštitu na o. Braču ima još dvije lomne točke. U posljednjih 70 m podmorske trase faze "4" i "8" i optički kabeli ponovno se vraćaju u zajedničku priobalnu zaštitu na otoku Braču. Skica opisane trase data je na slici 2.

Pregledom priobalja i uvidom u situaciju postojećih objekata, ispostavilo se, da je jedina prikladna i "slobodna" uvala koja leži približno u smjeru trase podmorskih kabela, koja omogućava zadovoljavajući izvod kabela iz mora, uvala Lozna Mala.

Bez mogućnosti varijantnih rješenja, trasa kabela položena je u strmu pješačku stazu kroz malo naselje vikend kuća, te je tunelskim prolazom kroz lokalnu cestu, izvedena do mjesta iznad ceste na kojem je moguće izgraditi kabelsku stanicu za prijelaz kabela u zračni vod.

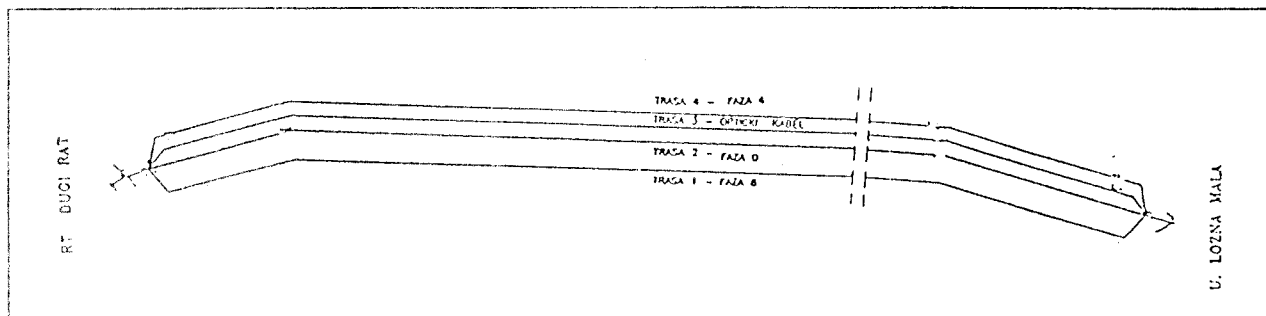
Shematski prikaz kableske veze i uzdužni profil trase dat je na slici 3.

Interesantno je ukratko navesti osnovne značajke pojedinih dijelova trase bitnih za izvedbu i buduće energetske korištenje kableske veze.

Podzemna dionica u Dugom Ratu leži svojim najvećim dijelom u kompaktnom zemljanom tlu. Provedena mjerenja toplinskih značajki tla pokazuju da se toplinski otpor tla na lokaciji Dugi Rat kreće u granicama od 91,5 do 141,6 Kcm/W. Bez većih poteškoća u izvedbi iskopan je kabelski rov, u koji su položeni energetske kabeli složeni u trolist, optički kabel, PEHD cijev i signalni kabel za lokalno informacijsko povezivanje. Na dionici između TS Dugi Rat i postojeće kableske stanice Dugi Rat, u zajednički kabelski rov položena su dva sistema jednožilnih kabela složena u trolist. U dijelu trase koji prolazi ispod magistralne ceste, zbog njenog značaja, i nemogućnosti otvaranja trupa ceste u vrijeme trajanja turističke sezone, uz svaki trolist energetskih kabela položena je i četvrta, pričuvna žila.

Križanje s magistralnom cestom riješeno je dvostrukim tunelskim poluprohodnim propustom u kojem su kabeli zasuti materijalom dobre toplotne vodljivosti predviđenim za kabelsku posteljicu, koji je u slučaju kvara lako odstraniti i izvršiti popravak ili izmjenu oštećenog kabela.

Podmorska dionica rt Duće - u. Lozna Mala položena je u Bračkom kanalu koji je sa stajališta korištenja energetske trase dobro poznat. Naime, postojeće energetske veze 35 i 110 kV prema otocima su u pogonu već više od četrdeset godina bez značajnijih poteškoća.



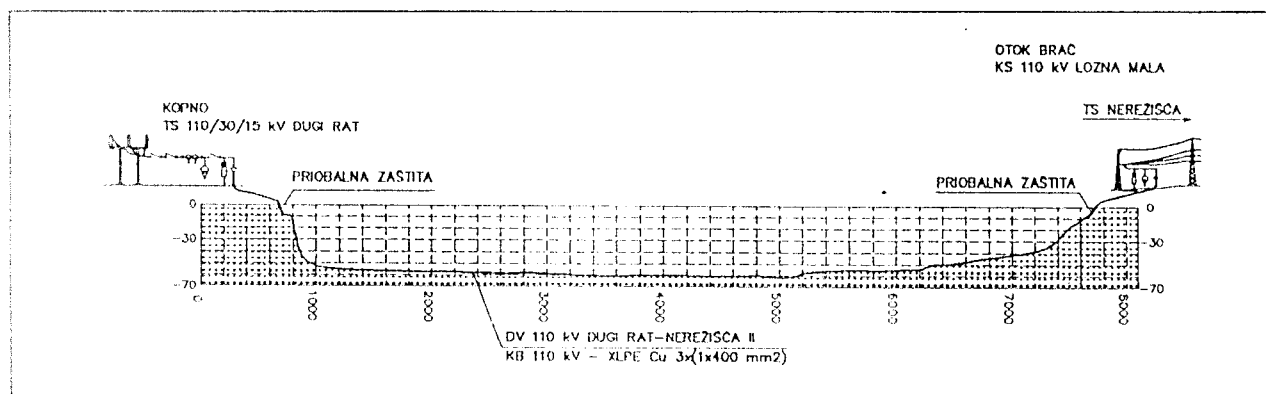
slika 2. : Skica kabelske trase

Energetski i optički kabeli su u dijelu priobalne zaštite položeni u armirano-betonske elemente koji se sastoje od podnožnih elemenata i poklopaca. Duljina ovako izvedene priobalne zaštite na strani Dugi Rat iznosi 123 m, a na strani u. Lozna Mala duljina priobalne zaštite je 141m, odnosno priobalne zaštite položene su do dubine od približno 12 m.

Temperatura mora u ovom području može varirati od od 11°C do 26°C. Općenito slanost mora kreće se u rasponu od 25% do 37.76%. Dakle, slanost ovisi o dotoku slatke vode iz rijeke Cetine.

U području trase kabela prevladavajući smjerovi strujanja su W i E u površinskom sloju, te protutijerani u pridnom sloju. Srednja vrijednosti struje se kreću oko 2 cm/s u površinskom

sloju i oko 5 cm/s u pridnom sloju.



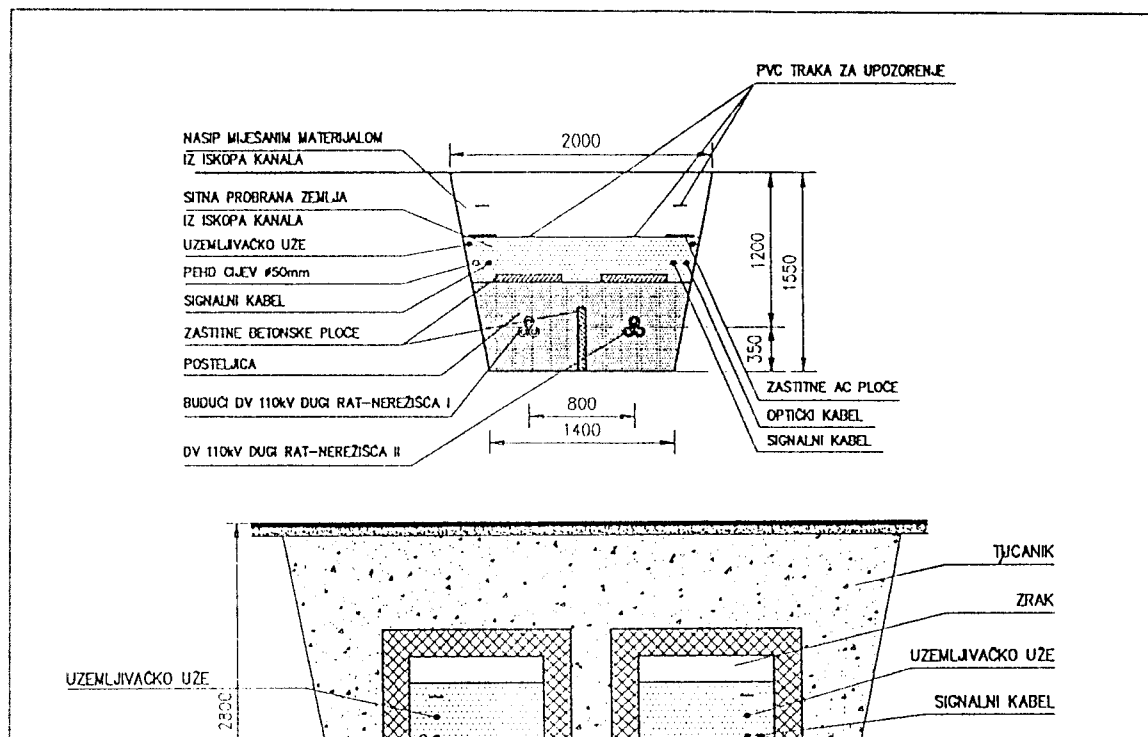
slika 3. : Shematski prikaz kabelske veze i uzdužni profil trase

S gledišta generiranja površinskih valova uzrokovanih vjetrom, akvatorij Bračkog kanala predstavlja tipični zatvoreni kanalski akvatorij ograničenih privjetrišta.

Proučavajući snimke magnetometrijske detekcije i granulometrijske analize uzoraka morskog dna može se zaključiti da je trasa relativno povoljna za polaganje kabela. Marinski sediment je

je usmjerena prema kabelskoj stanici. Pričuvna petlja je izvedena unutar ograde kabelske stanice. Trasa je svojim najvećim dijelom, a posebno kabelska stanica, položena u vrlo čvrsto kamenito tlo u kojem su iskopi uz primjenu mehanizacije i miniranje bili iznimno teški. Specifična prosječna toplinska otpornost okolnog tla na lokaciji Lozna Mala kreće se od 86,9 do 120,9 Kcm/W.

Karakteristični profili kabelskog rova i tunela za prolaz ispod ceste prikazani su na slici 4.



Pri izboru podmorskih energetskeg kabela, presudna su bila dosadašnja iskustva u građenju i eksploataciji podmorskih kabelaških vodova 110kV, posebno vezano uz projekt "110 kV Otočna veza" u kojem su primjenjeni podmorski kabeli s izolacijom iz umreženog polietilena. Suvremena konstrukcija onemogućava uzdužno prodiranje vlage u kabel pri eventualnom oštećenju plašta te sprječava njegove deformacije pri polaganju na veće dubine. Metodom optimiranja investicijskih i godišnjih troškova eksploatacije predložena je izvedba vodiča iz bakra jedinstvenog presjeka 1x400 mm².

Pri izboru podzemnih energetskeg kabela koje je trebalo položiti samo na dionici od TS Dugi Rat do KS Dugi Rat, kao zamjenu za postojeći zračni vod dužine cca 700 m također nije bilo dvojbe. Naime, tehnologija primjene kabela iz umreženog polietilena praktički je standard u Hrvatskoj Elektroprivredi na naponskoj razini 110 kV, pri čemu je usvojen kabel s aluminijskim vodičem presjeka 1x1000 mm², kao standardni presjek primjenjiv u gradskim mrežama 110 kV, te koji se redovno može naći u pričuvnim količinama Hrvatske elektroprivrede.

Nakon provedenih revizija investitora, odabrani su kabeli i kabelski pribor identične konstrukcije kao u projektu "Otočna veza". Podmorski kabel je proizvod firme ABB - Švedska, podzemni firme Silec - Francuska, dok su kabelske završnice tipa APEC 1452 za nazivni napon 145 kV s produženom kliznom stazom, proizvod firme Kabeldon - Švedska.

Poradi duljine trase na kopnu i značajnih visinskih razlika duž trase, što sve otežava i produžava vrijeme polaganja, investitor je odlučio da se na udaljenosti 87 m od priobalne zaštite izrade kabelske spojnice.

U nastavku se daju osnovne karakteristike položenih kabela :

Karakteristike

Podmorski kabeli Podzemni kabeli

Tip kabela	FXBTV	AXLJ
Nazivni napon U_0/U (kV)	64/110	64/110
Presjek (mm ²)	1x400	1x1000
Dopušteno strujno opterećenje prema IEC		

- u trolistu u zemlji (A)		820
Vanjski promjer (mm)	86	85
Masa (kg/m)	15	8

Više o karakteristikama kabela i priboru dato je u (L-1) i (L-4).

Obzirom da su kabeli položeni na magistralnoj energetskeg vezi koja napaja srednjodalmatinske otoke posebna pažnja posvećena je provjeri dozvoljenih opterećenja kabela u raznim pogonskim uvjetima redovnog podona respektirajući pri tome uvjete polaganja na trasi

Odvođenje topline kod kabela položenih na morsko dno osigurano je obzirom na relativno niske temperature okolne vodene mase. Problem odvođenja topline zaoštren je u tlu na trasi od TS Dugi Rat do postojeće kabelske stanice Dugi Rat.

U (L-5) dan je numerički proračun stacionarnog temperaturnog polja kabela u nehomogenom tlu, zasnovan na Poissonovoj diferencijalnoj jednadžbi, koja se u ovom slučaju rješava metodom konačnih elemenata.

Kao rezultati proračuna dobijene su temperature na plaštu i na vodiču kabela prikazani u obliku dijagrama uz promjenu struje opterećenja od 50 do 630 A, te toplinski gubici po metru

4.2 Optički kabel

Optički kabel položen je u podmorje istom trasom s energetskim kabelima (u prostoru između dvije faze). Na kopnenom dijelu od kabelačke stanice do obaloutvrde, optički kabel je položen u zajednički kanal s energetskim kabelima s tim da je ukopan na dubinu od 0.7 m. Iza obaloutvrde kabel je položen u zaseban žljeb u betonskom dijelu priobalne zaštite.

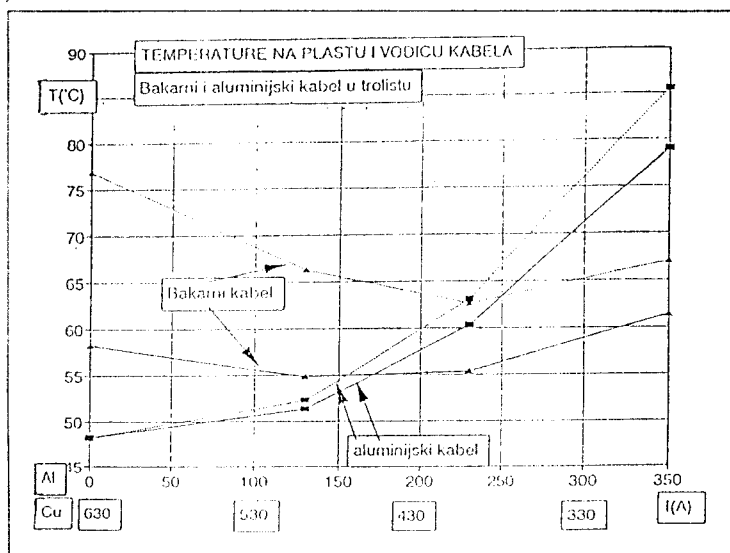
Podmorski optički kabel u KS Lozna Mala nastavlja se na optički kabel u zemnom užetu dalekovoda, tip LES 95/55 Aldrey/Stalum s 10 optičkih niti. Spajanje podmorskog optičkog kabela i optičkog kabela u zemnom užetu u kabelačkoj stanici izvest će se u optičkoj spojnici.

Odabran je optički kabel identičan onom primjenjenom u projektu "Otočna veza" (proizvod firme ABB Norsk Kabel AS - Norveška). Vanjski plašt kabela je od polietilena otpornog na abraziju. Kabel ima čeličnu armaturu koja štiti ugrađene optičke niti od očekivanih visokih naprezanja kod polaganja u podmorje do dubine od 1000 m. Sigurnosno namatanje čelične armature osigurava da kod instalacije nema pojave uvrtnja kabela. Jezgra kabela popunjena je masom koja sprječava prodor vode. Optičke niti položene su u zaštitnu cjevčicu koja je također popunjena zaštitnom masom. Optičke niti i zaštitne cjevčice kodirane su bojama.

Tehničke karakteristike kabela

- tip	G12-125 QERE - 0403 LV - R4.2
- broj optičkih niti	12
- broj cjevčica za optičke niti	3 + 5
- broj niti u cjevčici	4

Podrobnije o optičkom kabeu, kao i tehničke karakteristike optičke niti (prema CCITT G 652) dato je u (L-3 i L-4).



slika 5. : Dijagram temperature vodiča i plašta kabela za kabele položene u betonski tunel za prijelaz ispod magistralne prometnice

4.3 Ispitivanje kabela

Poradi osiguranja kvalitete i sigurnosti rada postrojenja tijekom proizvodnje podmorskog kabela i kabelačkog pribora, preuzimanja i polaganja, vršena su ispitivanja i mjerenja prema standardima IEC 840.

Prilikom preuzimanja u tvornici su izvršena rutinska ispitivanja poradi otkrivanja eventualnih griješaka u proizvodnji, odnosno osiguranja propisanih i zahtijevanih osobina. Rutinska ispitivanja i mjerenja obuhvaćaju:

- kontrolu geometrijskih veličina svih konstruktivnih dijelova kabela sukladno IEC 811
- mjerenje električnog otpora vodiča sukladno IEC 228
- provjeru parcijalnih pražnjenja sukladno IEC 885-2
- ispitivanje visokim naponom ($2U_0$, 30 min)
- električko ispitivanje plašta kabela sukladno IEC 229

Prije rutinskih ispitivanja proizvođač je predao atest o tipskim ispitivanjima.

Nakon polaganja podmorskog kabela i izrade kablskih završnica u KS Lozna Mala izvršeno je visokonaponsko ispitivanje istosmjernim naponom $3U_0$ u trajanju od 15 min. Pri tom je potrebno napomenuti da su krajevi žila na strani kopna privremeno deflektorski oblikovani kako bi se omogućila visokonaponska ispitivanja.

U međuvremenu položen je i preostali dio podmorskog kabela na kopnu, i to od mjesta predviđenog za kablsku spojinu do TS Dugi Rat. Po završetku radova, na rekonstrukciji vodnog

polja u TS Dugi Rat izrađene su kablске spojinice i kablске završnice, pa se pristupilo

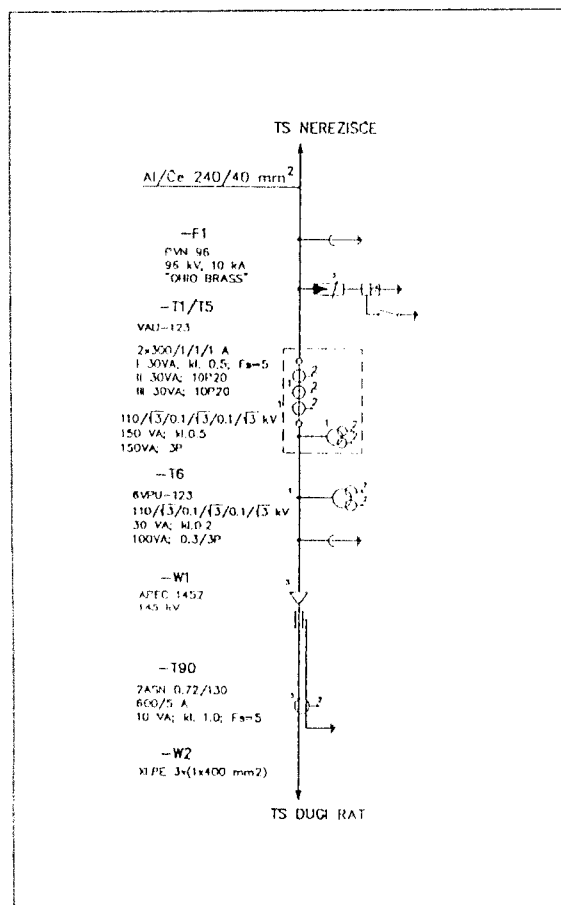
ponovnom visokonaponskom ispitivanju naponom 150 kV u trajanju od 15 min. Veličina mjernog napona pri ponovljenom mjerenju sukladna je odredbama IEC 840, točka 6.1.1 i usuglašena je s proizvođačem.

Za podzemni kabel izvršena su identična mjerenja uz provjeru ispravnosti plašta kabela nakon polaganja, i to istosmjernim naponom 10 kV u trajanju od 1 min (sukladno IEC 229, točka 5.1).

5. KABELSKA STANICA

Veze podmorskih i podzemnih kabela na nadzemne vodove izvode se u rasklopnim postrojenjima transformatorskih stanica ili u kablskim stanicama.

U konkretnom slučaju, na strani TS Dugi Rat kabel se priključuje na vodno polje postojećeg vanjskog postrojenja koje nije izloženo posolici, niti intenzivnijem zagađivanju izolacije.



slika 6. : Jednopolna shema kablске stanice

Na strani otoka Brača prijelaz kabela na zračni vod izveden je na udaljenosti cca 350m od obalne crte i na predjelu koje ne ukazuje na postojanje intenzivne posolice. Odlukom investitora odabrano je rješenje kablске stanice s opremom smještenom na otvorenom prostoru. Za smještaj sekundarne i zaštitne opreme predviđen je manji čvrsto građeni objekt u sklopu stanice.

5.1 Smještaj opreme

Jednopolna shema kojom je prikazano povezivanje primarne opreme u kablskoj stanici za vezu podmorskog kabela na zračni vod prikazana je na slici 6.

Smještaj visokonaponskih aparata i opreme za povezivanje kabela i zračnog voda predviđen je na zajedničkom postolju. Sva visokonaponska oprema predviđena je za vanjsku montažu.

Na zajedničkom postolju su smještena tri odvodnika prenapona u silikonskoj izvedbi, jedan strujno-naponski mjerni transformator, jedan maloljudni naponski transformator, jedan potporni izolator, tri kablске završnice za suhi podmorski kabel, te tri strujna obuhvatna transformatora prilagođena za vanjsku montažu.

Na postolju ispod odvodnika, postavljeni su brojači prorade s instrumentom za pokazivanje struje, koja ukazuje na stupanj zagađenja odvodnika. Tehničko rješenje kablске stanice prikazano je na slici 7.

5.2 Uzemljenje i zaštita od atmosferskih pražnjenja

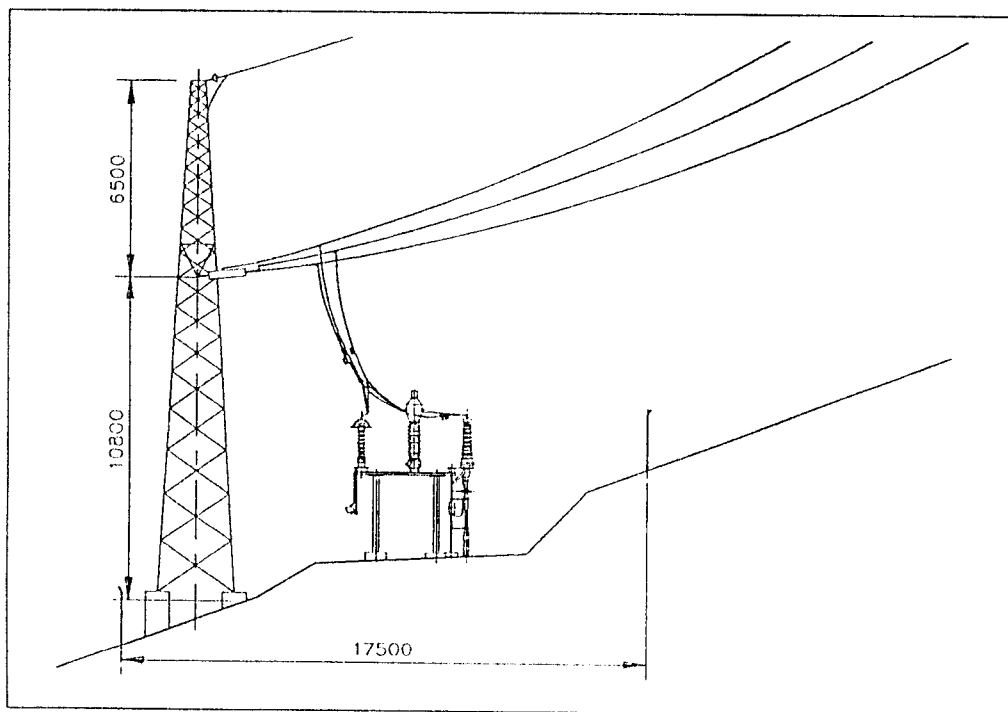
Prema provedenim mjerenjima ekvivalentni specifični otpor tla na lokaciji Lozna Mala iznosi $r_e = 4093.81 \Omega m$. Budući da se kabela stanica nalazi na terenu vrlo velikog specifičnog otpora, radi smanjenja otpora rasprostiranja uzemljivača predviđeno je povezivanje uzemljivača ograde, dozemnog užeta i meteo-stupa na glavni uzemljivač, te postavljanje dva bakrena užeta presjeka $50 mm^2$ u podzemni kabelski rov prema moru. Analiza takovog uzemljivača na digitalnom modelu je pokazala na vrlo visoki potencijal uzemljivača i da još uvijek postoje neka mjesta s nedopustivo visokim naponom dodira. Stoga je zaključeno da se ispod elemenata priobalne zaštite postave dva pasivizirana bakrena užeta i povežu na užad položenu u podzemnom dijelu trase. Na ovaj način je postignuto proširenje uzemljivača u područje s vrlo niskim specifičnim otporom što uvjetuje značajno smanjenje otpora rasprostiranja, a time i potencijala uzemljivača i napona dodira.

Uzimajući u obzir otpor površinskog sloja lokalnog terena od $500 \Omega m$, dobijaju se stvarne vrijednosti napona dodira :

- na meteo-stupu	62.13 V
- unutar ograde postrojenja	25.65 V
- na ogradi izvana s južne strane	26.22 V
- na ogradi izvana s istočne strane	26.22 V
- na ulaznim vratima postrojenja	31.35 V

Provedeni proračuni na digitalnom modelu pokazuju da su u ovom slučaju postignuti

zadovoljavajući rezultati i da su ispunjeni uvjeti bezopasnosti.



slika 7. : Tehničko rješenje kabela stanice Lozna Mala

5.3 Sekundarni krugovi

Sekundarni krugovi u kabelskoj stanici obuhvaćaju krugove napajanja izmjeničnim naponom te krugove mjerenja i nadzora.

U neposrednoj blizini kabela stanica postoji mreža niskog napona iz koje bi se moglo riješiti napajanje izmjeničnim naponom. Međutim, od ovakvog rješenja se odustalo kako bi se izbjeglo neposredno iznošenje potencijala u mrežu n.n. Električna energija za potrebe napajanja kućice dobit će se transformacijom putem naponskog mjernog transformatora. S namotaja I naponskog transformatora napaja se još jedan poseban međutransformator $110/\sqrt{3} V/220V$, 50Hz, 250VA, na koji su priključeni krugovi pomoćnih napona uređaja mjerenja i nadzora mjernih veličina.

Za mjerne veličine napona i direktno mjerenje struje predviđen je kombinirani mjerni transformator s tri strujne jezgre i dva sekundarna naponska namotaja.

Kako je već navedeno, promatrani 110kV vod predstavlja dio veze koja napaja područje otoka Srednje i Južne Dalmacije, a to znači da bi energetski kabeli mogli biti opterećeni najvećom dopuštenom strujom, naročito ispadom postojećeg dalekovoda 110 kV Dugi Rat - Nerežišća I. Kabeli su položeni dijelom u zemlju a dijelom u more. Radi korektne tehničke eksploatacije kabela nužno je, posebno u vrijeme vršnih opterećenja, pratiti toplotne prilike u okolišu kabela u različitim sredinama i na karakterističnim dionicama trase. Kontinuiranim praćenjem temperature u okolišu kabela i stavljanjem ovih podataka u korelaciju sa strujnim opterećenjem kabela moguće je provesti optimizaciju pogonskog režima kableske veze.

U cilju praćenja i registracije potrebnih podataka predviđena je mikroprocesorska jedinica za mjerenje i akviziciju mjernih podataka, koja je preko mjernih pretvarača povezana na proces. Predviđeno je registriranje struje, napona, temperature kabela i meteoroloških podataka.

Akvizijska jedinica je industrijsko panel računalo s ugrađenim 10" kolor displejem i funkcionalnom tastaturom. Mjerenje temperatura u okolini kabela predviđeno je termo sondama Pt 100. Meteorološka mjerenja uvedena su u akvizicijsku jedinicu posredstvom posebnih davača.

Digitalni signali o proradi odvodnika prenapona pridobijaju se sa signalnog kontakta brojača

polagaču, spuštani je preko kočnica i vodilica u more. Na početku polaganja brod je plutao na dubini dozvoljenog gaza. Žila kabela položila bi se na zračne jastuke i uz pomoć manjih brodova s motornim pogonom izvlačila do obale. Prije početka polaganja utor u betonskom dijelu priobalne zaštite, u koji se polagao kabel, očišćen je. Pregled trase izvršili su laki ronionci, čija je prisutnost neophodna tijekom čitave operacije polaganja. Pri tom treba napomenuti da su tijekom izrade priobalne zaštite laki ronionci posebno nadzirali niveliranost donje plohe betonskog dijela priobalne

zaštite.

Posebni zadatak ronilaca sastoji se u pažljivom polaganju i slaganju kabela u žlijeb priobalne zaštite pri spuštanju kabela sa zračnih jastuka. Zadatak ronilaca je također da prate polaganje kabela u cijelom priobalju, te da upozore na eventualne prepreke ili nepravilno polaganje kabela na dnu.

Polaganje počinje brzinom od 2 km/h. S svakom povećanom veličinom kabela brzina se smanjuje.

regulator zatezanja, te preko vitla i vodilice u more. Za vrijeme polaganja, kontinuirano se mjere i registriraju podaci o položenoj dužini kabela, brzini polaganja, sili zatezanja i dubini mora. Sila zatezanja se preračunava u ovisnosti o dubini polaganja i ovisno o ovim podacima podešava se kretanje broda.

Navođenje broda polagača na projektirane trase izvršeno je upotrebom satelitske DGPS metode (slika 8.). Ova metoda dinamičkog pozicioniranja brodova na moru istisnula je u zadnje vrijeme sve dosadašnje metode pozicioniranja, zbog svoje jednostavnosti i pouzdanosti.

GPS mjerenje položaja neke točke na zemljišnoj površini sastoji se u tome, da se na tu točku postave GPS uređaj, te se pomoću njega istovremeno mjere udaljenosti od GPS satelita, koji kruže u zemljinom orbiti. Da bi se matematički mogao odrediti položaj neke točke na površini

položaja točke u pokretu. Teoretska položajna točnost ove metode kreće se unutar jednog metra, u ovisnosti od upotrebene opreme.

Kod ovog načina mjerenja, satelitska antena na brodu mora biti stalno usmjerena prema telekomunikacijskom satelitu, što se postiglo upotrebom pokretne satelitske antene, koja je uz pomoć koračnog motora bila povezana sa brodskim žirokompasom, te se prilikom operacije polaganja uvijek korektno postavljala prema satelitu "Atlantic Ocean".

Koristeći ovaj način pozicioniranja broda prilikom polaganja postigla se položajna točnost od +3 m.

Dolaskom do druge obale, brod se postavlja okomito prema obali, i odgovarajuća dužina dostatna za polaganje do krajnje točke odreže se, položi na zračne jastuke i pomoću brodića izvuče na obalu. Uz pomoć stroja za povlačenje kabel se povuče do krajnje točke. Pri povlačenju na obalu ronionici prate kabel na jastucima i kontinuirano ga spuštaju u žlijeb priobalne zaštite.

7. ZAKLJUČAK

Predstavljena energetska veza TS Dugi Rat - TS Nerežišća svakako je jedan od značajnih prijenosnih objekata koji će povećati pouzdanost i ekonomičnost napajanja otoka srednje Dalmacije električnom energijom. Uređenje kabela trase na području Dugog Rata i kabliranje postojećeg zračnog voda ima, osim energetskog, i pozitivan ekološko-urbanistički utjecaj na širi okoliš. Primjenjena tehnička rješenja predstavljaju još jedan doprinos našoj stručnoj elektroenergetskoj praksi.

U posljednjih nekoliko godina su u Hrvatskoj elektroprivredi stečena dragocjena iskustva na području projektiranja i polaganja visokonaponskih podzemnih i podmorskih energetskih kabela s izolacijom iz umreženog polietilena.

Jedno od takvih iskustava pokazalo je da su provedeni istražni radovi vezani uz konfiguraciju morskog dna nedostadni, te da su do sada obavljani tehnički nesavršenim sredstvima, koja nisu mogla otkriti pojedinačne stjenovite neravnine na dnu. Naknadna snimanja izvedenog stanja položenih kabela uz pomoć suvremenih podvodnih kamera, pokazala su da se u takvim slučajevima kabel može položiti na neravno dno, sa značajnim, često nedopustivim, provjesima.

Pitanja za diskusiju :

- U kojem obimu planirati hidrografske istražne radove podmorske kabela trase ?
- Kakve se preporuke mogu donijeti na temelju provedenih snimanja položenih kabela ?
- Iskustva u eksploataciji kabela, kabelskih stanica i opreme ?

Literatura:

1. Ivo Tomasović, Bruno Šaina, Petar Čerina
Izbor podmorskih i kopnenih energetskih kabela "110kV Otočne veze"
ENERGIJA br.6 Zagreb, 1994
2. Mr Josip Savićević
Podmorski i podzemni kabeli u projektu "OTOČNA VEZA"
ENERGIJA br.6 Zagreb, 1994
3. Ivan Perak, Antun Bobanović
Podmorski optički kabel za "OTOČNU VEZU"
ENERGIJA br.6 Zagreb, 1994
4. HEP - Projektni biro Split
Kabelska veza 110kV TS Dugi Rat - uvala Lozna Mala, Glavni projekt
5. Doc.dr.sc. Branimir Jajac
Numerički proračun termičkih opterećenja 110 kV kabela na trasi TS Dugi Rat - KS Lozna Mala (o. Brač), Elmap, Split lipanj 1995.
6. Mr Ivan Medić
Analiza iznošenja potencijala iz KS 110 kV "Lozna Mala", Elmap, Split, siječanj 1996.

